

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-017381
(43)Date of publication of application : 18.01.2000

(51)Int.Cl. C22C 38/00
C22C 38/16
C22C 38/58
C22C 38/60

(21)Application number : 10-189348 (71)Applicant : NIPPON STEEL CORP
(22)Date of filing : 03.07.1998 (72)Inventor : USAMI AKIRA
UEMORI RYUJI
ITO MINORU

(54) CORROSION RESISTANT STEEL FOR SHIPBUILDING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a steel for shipbuilding, having excellent corrosion resistance under the service environment, such as shell plate for ship, ballast tank, cargo oil tank, and ore or coal carrier cargo hold.

SOLUTION: This steel has a composition consisting of, by weight, 0.01–0.25% C, 0.05–0.50% Si, 0.05–2.0% Mn, ≤0.10% P, 0.001–0.10% S, 0.01–2.00% Cu, 0.005–0.10% Al, 0.0002–0.0150% Mg, and the balance Fe with inevitable impurities. It is preferable that proper amounts of one or more elements among Ni, Cr, Mo, W, Ca, REM, Ti, Nb, V, B, Sb, and Sn are further added.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-17381

(P2000-17381A)

(43)公開日 平成12年1月18日 (2000.1.18)

(51)Int.Cl.⁷

C 22 C 38/00
38/16
38/58
38/60

識別記号

3 0 1

F I

C 22 C 38/00
38/16
38/58
38/60

マーク (参考)

3 0 1 F

審査請求 未請求 請求項の数 6 O.L (全 7 頁)

| | | | |
|----------|----------------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願平10-189348 | (71)出願人 | 000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号 |
| (22)出願日 | 平成10年7月3日 (1998.7.3) | (72)発明者 | 宇佐見 明 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内 |
| | | (72)発明者 | 植森 龍治 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内 |
| | | (72)発明者 | 伊藤 実 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内 |
| | | (74)代理人 | 100062421 弁理士 田村 弘明 (外1名) |

(54)【発明の名称】 造船用耐食鋼

(57)【要約】

【課題】 本発明は、船舶外板、バラストタンク、カーゴオイルタンク、鉱炭船カーゴホールド等の使用環境で優れた耐食性を有する造船用鋼を提供する。

【解決手段】 重量%で、C:0.01~0.25%、Si:0.05~0.50%、Mn:0.05~2.0%、P:0.10%以下、S:0.001~0.10%、Cu:0.01~2.00%、Al:0.005~0.10%、Mg:0.0002~0.0150%を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなることを特徴とする造船用耐食鋼。好みしくは、さらにNi、Cr、Mo、W、Ca、REM、Ti、Nb、V、B、Sb、Snの1種以上を適量添加する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、
 C : 0. 01~0. 25%、
 Si : 0. 05~0. 50%、
 Mn : 0. 05~2. 0%、
 P : 0. 10%以下、
 S : 0. 001~0. 10%、
 Cu : 0. 01~2. 00%、
 Al : 0. 005~0. 10%、
 Mg : 0. 0002~0. 0150%

を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなることを特徴とする造船用耐食鋼。

【請求項2】 重量%で、さらにNi : 0. 01~4. 0%、

Cr : 0. 01~2. 0%、
 Mo : 0. 01~1. 0%、
 W : 0. 01~1. 0%

の1種以上を含有することを特徴とする請求項1に記載の造船用耐食鋼。

【請求項3】 重量%で、さらにCa : 0. 0002~0. 0100%、

REM : 0. 0002~0. 0100%

の1種以上を含有することを特徴とする請求項1または2に記載の造船用耐食鋼。

【請求項4】 重量%で、さらにTi : 0. 005~0. 020%、

Nb : 0. 002~0. 10%、

V : 0. 01~0. 10%、

B : 0. 0003~0. 0050%

の1種以上を含有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の造船用耐食鋼。

【請求項5】 重量%で、さらにSb : 0. 01~0. 3%、

Sn : 0. 01~0. 3%

の1種以上を含有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の造船用耐食鋼。

【請求項6】 表面が有機樹脂、金属または無機物で防食被覆されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の造船用耐食鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、船舶外板、バラストタンク、カーゴオイルタンク、鉱炭船カーゴホールド等の使用環境で優れた耐食性を示す造船用耐食鋼材に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 船舶において構造部材である鋼材の防食は、信頼性や経済性の観点から重要な課題である。例えば、バラストタンクでは海水の充填、放出のために極めて厳しい腐食環境となるが、電気防食だけでは鋼材が十

分防食されないため塗装が必要である。そのため、塗装の塗り替えという維持管理の問題があった。

【0003】 また、VLCCのカーゴオイルタンクでは、鋼材の防食は特になされず、バラストまで使用される例が多かった。しかし、近年の二重船殻構造（ダブルハル）の義務化に伴い、ダブルハルVLCCのカーゴオイルタンクで激しい腐食が認められる事例が増えていく。これらの原因としては、ダブルハル化によるカーゴオイルタンク内平均温度の上昇、防爆を目的として充填

10 されるイナートガスの腐食性、および硫化水素など原油中に含まれる腐食性物質の増加等が指摘されている。

【0004】 カーゴオイルタンク内で問題となっている腐食損傷は、2カ所に大別される。すなわち、上甲板裏での全面腐食と、タンク底板での局部腐食である。これらの腐食を防止する手段として、タールエポキシなどの塗装による防食が考えられるが、元来無塗装で設計していた部材のため、建造費の大幅な増加や塗装の塗り替えなどの維持管理費が必要になるといった問題があった。

【0005】 特に、タンク底板での局部腐食は、塗装してもその欠陥部から局部腐食が進展するため、抜本的な防食法とはならないといった問題があった。一方、Alなどの金属溶射も検討したが、溶射皮膜の剥離や劣化などが問題であった。また、ステンレス鋼など、高合金の耐食材料の場合、材料コストが高く主要構造部材として広く使えないといった問題があった。

【0006】 また、鉱炭船の場合、鉱石や石炭を積載するカーゴホールドタンクの骨材が、石炭中の硫黄による希硫酸の生成で激しい腐食が生じるが、鉱石などの衝撃があるため塗装などの防食皮膜が十分な期間機能しないといった問題があった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記のような造船用鋼の腐食に関する課題を解決するためになされたもので、船舶外板、バラストタンク、カーゴオイルタンク、鉱炭船カーゴホールドなどの使用環境で優れた耐食性を示し、無塗装でも使用できる造船用耐食鋼材の提供を目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、まずカーゴオイルタンクの上甲板裏および底板での腐食現象について詳細に調査した。その結果、上甲板裏における全面腐食は、日照による上甲板の温度変動に伴う乾湿繰り返し腐食であり、その結露水がpH 3~4の弱酸性であることを見いだした。また、タンク底板における局部腐食は、さびこぶ下がpH 2~4の弱酸性の閉塞環境となり、局部腐食が進行することを見いだした。

【0009】 このような腐食環境に対して、鋼材界面のpH低下を抑制すれば耐食性が向上するとの考え方で研究を重ねた結果、Mg添加が、pH低下の抑制とその結果としての耐食性向上に極めて有効であることが判明し

た。

【0010】Caも界面のアルカリ化に効果があるが、MgはCa以上にアルカリ化の効果が顕著であることを見いだした。これは鋼中のMgがFeと共に溶解し、塩基性塩を形成することにより界面をアルカリ化するが、Caと比較した場合、同じ重量%で添加してもMgイオンが溶解した場合では活性溶解する量が多いものと考えられる。

【0011】さらに、CuとMgを複合添加することにより、(Mn, Cu)Sとして硫化物が微細に分散し、これら多数の硫化物がアノード溶解の起点となるため、耐局部腐食性を向上することが判明した。また、Mgの添加は、Mg系酸化物が(Mn, Cu)Sの核生成サイトとなり、更に微細に分散していることがわかった。

【0012】すなわち、本発明は、

(1) Mgによる界面の酸性化抑制による耐腐食性向上
(2) Cu, Mgによる硫化物微細分散による耐局部腐食性向上

の知見に基づき開発した鋼材である。さらに、本知見を活かした鋼材をバラストタンク環境や鉱炭船カーゴホールド環境で評価した結果、有意な耐食性向上が認められた。

【0013】また、いずれの環境においても、本発明鋼に塗装などの防食皮膜を施した場合、その劣化が極めて抑制されることも明かとなった。これは、防食皮膜の局部的な欠陥部で進行する鋼材の腐食が、界面のアルカリ化により抑制されたことによると考えられる。

【0014】本発明は、上記知見を具現化する鋼材を提供するもので、造船用鋼材として耐食性を大幅に改善するものであって、その要旨とするところは次の通りである。

(1) 重量%で、C : 0. 01~0. 25%, S : 0. 05~0. 50%, Mn : 0. 05~2. 0%, P : 0. 10%以下, S : 0. 001~0. 10%, Cu : 0. 01~2. 00%, A1 : 0. 005~0. 10%, Mg : 0. 0002~0. 0150%を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなることを特徴とする造船用耐食鋼。

【0015】(2) 前記(1)に記載の鋼に、さらに重量%で、Ni : 0. 01~4. 0%, Cr : 0. 01~2. 0%, Mo : 0. 01~1. 0%, W : 0. 01~1. 0%の1種以上を含有することを特徴とする造船用耐食鋼。

(3) 前記(1)または(2)に記載の鋼に、さらに重量%で、Ca : 0. 0002~0. 0100%, RE M : 0. 0002~0. 0100%の1種以上を含有することを特徴とする造船用耐食鋼。

【0016】(4) 前記(1)乃至(3)のいずれか1項に記載の鋼に、さらに重量%で、Ti : 0. 005~0. 020%, Nb : 0. 002~0. 10%, V

: 0. 01~0. 10%, B : 0. 0003~0. 0050%の1種以上を含有することを特徴とする造船用耐食鋼。

(5) 前記(1)乃至(4)のいずれか1項に記載の鋼に、さらに重量%で、Sb : 0. 01~0. 3%, Sn : 0. 01~0. 3%の1種以上を含有することを特徴とする造船用耐食鋼。

(6) 前記(1)乃至(5)のいずれか1項に記載の鋼に、表面が有機樹脂、金属または無機物で防食被覆されていることを特徴とする造船用耐食鋼。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施する形態について説明する。まず、本発明の鋼における化学組成の限定理由とその作用について述べる。

C : Cは、構造材料としての強度を確保するために必要であり、0. 01%以上添加するが、0. 25%を超えて含まれると溶接継手部のマトリックスの韌性が低下するために、溶接性が阻害される。そのため、その上限を0. 25%とした。

【0018】Si : Siは、脱酸のための必須元素で、0. 05%以上添加するが、0. 50%を超えて添加すると、溶接継手部に高炭素島状マルテンサイトが生成し、溶接性が阻害されるため、その上限を0. 50%とした。

【0019】Mn : Mnは、脱酸、強度調整に必要な元素である。また、不純物であるSをMnSとして固定して、Sによる熱間脆性の防止を図るために、0. 05%以上添加するが、2. 0%を超えて添加すると溶接性が阻害されるので、その範囲を0. 05~2. 0%とした。

【0020】Cu : Cuは、Mnとともに硫化物(Cu, Mn)Sを形成する。Cuが無添加の場合に比べてCuを0. 01%以上添加すると、硫化物の微細分散化が促進され、アノード溶解の起点が著しく増加する。アノード溶解の起点が増加する結果、局部的な腐食の進展が抑制され、全面腐食の形態となることにより耐局部腐食性が向上する。さらに、Cuは生成する腐食生成物の非晶質化を促し、さびの緻密さを向上する。その効果は多いほどよいが、2. 0%を超えると溶接性低下や熱間加工における割れが問題となるので、その範囲を0. 01~2. 0%とした。溶接性を優先的に考慮すれば、0. 01~0. 50%の添加が好ましい。

【0021】A1 : A1は、脱酸のために0. 005%以上添加するが、0. 10%を超えて添加すると耐局部腐食性が低下するので、その範囲を0. 005~0. 10%とした。

【0022】Mg : Mgは、0. 0002%以上添加すると腐食反応の結果、Mgイオンとして界面から溶解することで、地鉄界面のpHをアルカリに保持し、鋼材の耐食性を向上する。さらに、硫化物の微細分散を顕著に

促進することで、耐局部腐食性を向上させる。その効果は0.0150%で飽和するので、0.0002~0.0150%とした。

【0023】P:Pは、鋼材の溶接性や韌性を低下する不可避的不純物であり、0.10%を超えて含まれると溶接性が劣化するので、その範囲を0.10%以下とした。特に、大入熱溶接特性を十分確保する場合、0.03%以下に抑えることが好ましい。

【0024】S:Sは、Cu、Mnとともに硫化物(Cu, Mn)Sを形成する。硫化物(Cu, Mn)Sの微細分散化による耐局部腐食性の向上のためには、0.010%以上の含有が必要である。一方、0.10%を超えて含まれると粗大なMnSが生成して、耐食性が著しく低下するとともに、縫手部フェライト相の韌性を著しく劣化させるので、その含有の上限を0.10%とした。十分な耐食性を確保するためには、0.0010~0.0300%の範囲とするのが好ましい。

【0025】Ni:Niは、耐食性向上や低温韌性の向上を目的として必要に応じて添加する。0.01%以上含まれると弱酸性環境での腐食速度を低減する効果があるが、その効果は4.0%で飽和するので、0.01~4.0%とした。

【0026】Cr:Crは、耐食性向上等を目的として必要に応じて添加するが、0.01%以上含まれると弱酸性環境での腐食速度を低減する効果があるが、2.0%を超えて添加すると溶接性を阻害するため、0.01~2.0%とした。

【0027】MoおよびW:MoとWは、耐局部腐食性の向上を目的として必要に応じて添加するが、0.01%以上含まれると弱酸性環境での腐食速度を低減する効果があるが、その効果は1.0%で飽和するので、0.01~1.0%とした。

【0028】CaおよびREM:CaとREM(希土類元素)は、必要に応じて添加すると、鋼中に酸化物または硫化物として存在し、地鉄から溶出することにより界面の酸性化をさらに抑制する作用がある。その効果は0.0002%以上の添加で有効であり、0.0100%で飽和するので、それらの元素の範囲を0.0002%~0.0100%とした。

【0029】Ti:Tiは、鋼材の韌性向上のために必要に応じて0.005%以上添加するが、その効果は0.020%で飽和するため、0.005~0.020%とした。TiNをフェライト相中に微細分散析出し、溶接部の韌性をさらに向上するためには、好ましくは、Ti/Nの比率が2.0~3.5であることが好ましい。

【0030】Nb、VおよびB:Nb、V、Bは、必要に応じて強度を向上させるために必要量添加する元素である。その含有量は、それぞれ以下に示す範囲で含有し、それらの範囲未満では強度向上への効果がなく、ま

た、それらの範囲を超えて添加すると韌性が劣化するため、Nb:0.002~0.10%、V:0.01~0.10%、B:0.0003~0.0050%に限定した。

【0031】SbおよびSn:Sb、Snは、必要に応じて耐食性を向上させるために必要量添加する元素である。いずれの元素も、それぞれ以下に示す範囲とし、それらの範囲未満では強度向上への効果がなく、また、それらの範囲を超えて添加すると韌性が劣化するため、Sb:0.01~0.3%、Sn:0.01~0.3%とした。

【0032】防食被覆:本発明鋼に、有機樹脂による塗装、金属溶射、或いはめっきを施して、塩害が懸念される大気環境で使用した場合、普通鋼や従来の耐候性鋼に同様の防食被覆を施した場合に比べて遙かに優れた耐候性、耐久性を示す。

【0033】有機樹脂としては、ジンクリッヂプライマーやエポキシ樹脂系、フタル酸系、ウレタン樹脂系、ビニルブチラール樹脂系およびその他の樹脂系でいずれも塗装耐久性が向上する。また、金属被覆では、Zn、Zn-A1、A1めっきおよび溶射などで優れた耐食性を示す。いずれの場合も、被覆層の微視的あるいは巨視的な欠陥から地鉄の腐食が進行した際、Mgによる界面の酸性化防止およびCu、Mgによる硫化物の微細分散化による耐局部腐食性の向上により、それ以降の腐食の進展を抑制することによるものであると考えられる。

【0034】なお、本発明鋼は、Mg系酸化物が(Mn, Cu)Sの核生成サイトとなり、非常に微細に分散しているが、Mg系酸化物は超大入熱溶接の高温に曝されても溶解などにより消失する事がないので、フェライトの析出核として有効に作用して溶接部HAZ韌性を向上させるだけでなく、溶接部にも母材と同様に(Mn, Cu)Sが微細に分散するので、溶接部においても従来以上の耐食性を有する。

【0035】

【実施例】表1(表1-1, 表1-2)に示す化学組成の鋼を溶製し、熱間圧延および必要に応じて熱処理を施して厚さ25mmの厚鋼板を試作した。ショットブラストしてミルスケールを落としたままの試験片と、ジンクリッヂプライマーにタールエポキシ(200μm)の塗装処理を行い、鋼板地鉄にまで達するナイフカット傷をつけた試験片を腐食試験の供試材とした。腐食試験として運航中のダブルハルVLCCカーゴオイルタンクの上甲板裏、タンク底部およびバラストタンクでの実船曝露試験を1年間実施した。

【0036】上甲板裏での試験においては、裸材の耐食性評価は、比較鋼である造船用鋼A1の腐食減量を100として相対評価した。塗装材の耐食性評価は、比較例A2鋼の傷部からの最大膨れ幅を100として相対評価した。一方、タンク底部での試験においては、裸材の耐

食性評価は、比較鋼である造船用鋼A 1 の最大孔食深さを100として相対評価した。塗装材の耐食性評価は、比較例A 2 鋼の傷部における最大孔食深さを100として相対評価した。さらに、パラストタンク内での実船試験では、比較鋼である造船用鋼A 1 の腐食減量を100として相対評価した。塗装材の耐食性評価は、比較例A 2 鋼の傷部からの最大膨れ幅を100として相対評価した。

【0037】表2 (表2-1, 表2-2) に、試作鋼の*
【表1-1】

| 表面処理 | 化 学 成 分 (mass%) | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|------------------|
| | C | S i | Mn | P | S | C u | A l | M g | その他 |
| A 1 比較例 ショットまま (裸) | 0.16 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.020 | 0.028 | <0.0001 | |
| A 2 比較例 タールエボキシ 200μm | 0.16 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.020 | 0.028 | <0.0001 | |
| A 3 比較例 ショットまま (裸) | 0.16 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.005 | 0.028 | 0.0040 | |
| A 4 比較例 タールエボキシ 200μm | 0.16 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.005 | 0.028 | 0.0040 | |
| A 5 比較例 ショットまま (裸) | 0.16 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.050 | 0.028 | <0.0001 | |
| A 6 比較例 タールエボキシ 200μm | 0.16 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.050 | 0.028 | <0.0001 | |
| A 7 比較例 ショットまま (裸) | 0.13 | 0.20 | 1.26 | 0.017 | 0.110 | 0.150 | 0.025 | 0.0055 | |
| A 8 比較例 タールエボキシ 200μm | 0.13 | 0.20 | 1.26 | 0.017 | 0.110 | 0.150 | 0.025 | 0.0055 | |
| C 1 本発明例 ショットまま (裸) | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.100 | 0.100 | 0.010 | 0.005 | 0.0002 | |
| C 2 本発明例 タールエボキシ 200μm | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.100 | 0.100 | 0.010 | 0.005 | 0.0002 | |
| C 3 本発明例 ショットまま (裸) | 0.25 | 0.50 | 2.00 | 0.005 | 0.050 | 1.000 | 0.100 | 0.0150 | |
| C 4 本発明例 タールエボキシ 200μm | 0.26 | 0.50 | 2.00 | 0.005 | 0.050 | 1.000 | 0.100 | 0.0150 | |
| C 5 本発明例 ショットまま (裸) | 0.16 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.050 | 0.028 | 0.0015 | |
| C 6 本発明例 タールエボキシ 200μm | 0.18 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.050 | 0.028 | 0.0015 | |
| C 7 本発明例 ショットまま (裸) | 0.16 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.350 | 0.020 | 0.0015 | |
| C 8 本発明例 タールエボキシ 200μm | 0.12 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.350 | 0.020 | 0.0015 | |
| C 9 本発明例 ショットまま (裸) | 0.12 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.750 | 0.020 | 0.0015 | Ni:0.20 |
| C 10 本発明例 タールエボキシ 200μm | 0.13 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.750 | 0.020 | 0.0015 | Ni:0.20 |
| C 11 本発明例 ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | |
| C 12 本発明例 タールエボキシ 200μm | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | |
| C 13 本発明例 ショットまま (裸) | 0.16 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.150 | 0.020 | 0.0055 | Ni:0.30, Ti:0.05 |
| C 14 本発明例 タールエボキシ 200μm | 0.13 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.150 | 0.020 | 0.0055 | Ni:0.30, Ti:0.05 |

【0039】

【表2】

【表1-2】

| 表面処理 | 化 学 成 分 (mass%) | | | | | | | | | その他の |
|----------|-----------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------------------|
| | C | Si | Mn | P | S | Cu | Al | Mg | | |
| C15 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.16 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.670 | 0.020 | 0.0055 | Ni:0.05 |
| C16 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | 0.13 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.670 | 0.020 | 0.0055 | Ni:0.05 |
| C17 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.02 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0075 | |
| C18 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | 0.16 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0075 | |
| C19 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.02 | 0.30 | 0.98 | 0.015 | 0.005 | 0.350 | 0.020 | 0.0075 | Ni:0.20 |
| C20 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | 0.16 | 0.30 | 0.98 | 0.015 | 0.005 | 0.350 | 0.020 | 0.0075 | Ni:0.20 |
| C21 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.16 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.750 | 0.020 | 0.0075 | Ni:3.80 |
| C22 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | 0.13 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.750 | 0.020 | 0.0075 | Ni:3.80 |
| C23 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.16 | 0.29 | 1.31 | 0.017 | 0.007 | 0.020 | 0.028 | 0.0050 | Ni:0.02, Mo:0.05 |
| C24 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | V:0.08 |
| C25 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | Ca:0.0010, Ti:0.005 |
| C26 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | B:0.0010 |
| C27 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.350 | 0.020 | 0.0050 | Sb:0.15 |
| C28 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.16 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.350 | 0.020 | 0.0075 | Sn:0.05 |
| C29 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.16 | 0.30 | 0.55 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0075 | Cr:0.02 |
| C30 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.13 | 0.30 | 0.54 | 0.015 | 0.005 | 0.350 | 0.020 | 0.0075 | Ni:0.90, Mo:0.50 |
| C31 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 0.51 | 0.015 | 0.005 | 0.400 | 0.020 | 0.0050 | Cr:0.55 |
| C32 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.25 | 1.51 | 0.005 | 0.005 | 0.025 | 0.020 | 0.0050 | REM:0.0010 |
| C33 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | Nb:0.09 |
| C34 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | Cr:1.50 Mo:0.49 |
| C35 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | Cr:1.90, Mo:0.50 |
| C36 本発明例 | ショットまま (裸) | 0.15 | 0.30 | 1.31 | 0.015 | 0.005 | 0.020 | 0.020 | 0.0050 | Cr:1.50 |

【0040】

【表2-1】

* * 【表3】

| 表面処理 | カーゴオイルタンク | | カーゴオイルタンク | | バラストタンク | | |
|----------|---------------|-----------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|
| | 相対腐食 量 | 最大膨れ 幅 | 最大孔食 幅 | 傷部最大 深さ | 腐食深さ | 相対腐食 量 | 最大膨れ 幅 |
| A1 比較例 | ショットまま (裸) | 1.00 | — | 1.00 | — | 1.00 | — |
| A2 比較例 | ターレエボキシ 200μm | — | 1.00 | — | 1.00 | — | 1.00 |
| A3 比較例 | ショットまま (裸) | 9.8 | — | 1.15 | — | 1.15 | — |
| A4 比較例 | ターレエボキシ 200μm | — | 9.9 | — | 1.02 | — | 9.9 |
| A5 比較例 | ショットまま (裸) | 1.10 | — | 1.28 | — | 1.28 | — |
| A6 比較例 | ターレエボキシ 200μm | — | 1.17 | — | 1.47 | — | 1.35 |
| A7 比較例 | ショットまま (裸) | 1.38 | — | 1.44 | — | 1.44 | — |
| A8 比較例 | ターレエボキシ 200μm | — | 1.54 | — | 1.41 | — | 1.39 |
| C1 本発明例 | ショットまま (裸) | 3.2 | — | 3.1 | — | 3.1 | — |
| C2 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | — | 3.1 | — | 3.2 | — | 2.9 |
| C3 本発明例 | ショットまま (裸) | 1.4 | — | 9 | — | 6 | — |
| C4 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | — | 1.5 | — | 1.1 | — | 1.0 |
| C5 本発明例 | ショットまま (裸) | 2.7 | — | 2.5 | — | 2.2 | — |
| C6 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | — | 2.9 | — | 2.4 | — | 2.2 |
| C7 本発明例 | ショットまま (裸) | 1.9 | — | 1.7 | — | 1.3 | — |
| C8 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | — | 1.9 | — | 1.4 | — | 1.2 |
| C9 本発明例 | ショットまま (裸) | 1.8 | — | 1.7 | — | 1.7 | — |
| C10 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | — | 1.8 | — | 1.3 | — | 8 |
| C11 本発明例 | ショットまま (裸) | 2.5 | — | 2.1 | — | 2.1 | — |
| C12 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | — | 2.5 | — | 2.4 | — | 2.2 |
| C13 本発明例 | ショットまま (裸) | 2.9 | — | 2.7 | — | 2.5 | — |
| C14 本発明例 | ターレエボキシ 200μm | — | 3.0 | — | 2.6 | — | 2.3 |

【0041】

【表4】

【表2-2】

| 表面処理 | カーゴオイルタンク | | カーゴオイルタンク | | パラストタンク | |
|-----------|----------------|-------|-----------|----------|---------|-------|
| | 相対腐食量 | 最大膨れ幅 | 最大孔食深さ | 傷部最大腐食深さ | 相対腐食量 | 最大膨れ幅 |
| C 15 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.6 | — | 2.4 | — | 2.1 |
| C 16 本発明例 | ターナーEボキシ 200μm | — | 2.6 | — | 2.2 | — |
| C 17 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.4 | — | 2.3 | — | 2.2 |
| C 18 本発明例 | ターナーEボキシ 200μm | — | 2.5 | — | 2.2 | — |
| C 19 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.3 | — | 2.3 | — | 2.0 |
| C 20 本発明例 | ターナーEボキシ 200μm | — | 2.6 | — | 2.3 | — |
| C 21 本発明例 | ショットまま(裸) | 6 | — | 7 | — | 5 |
| C 22 本発明例 | ターナーEボキシ 200μm | — | 9 | — | 9 | — |
| C 23 本発明例 | ショットまま(裸) | 1.9 | — | 1.4 | — | 1.3 |
| C 24 本発明例 | ショットまま(裸) | 1.9 | — | 1.5 | — | 1.0 |
| C 25 本発明例 | ショットまま(裸) | 1.5 | — | 1.4 | — | 9 |
| C 26 本発明例 | ショットまま(裸) | 1.4 | — | 1.1 | — | 9 |
| C 27 本発明例 | ショットまま(裸) | 1.9 | — | 1.8 | — | 1.4 |
| C 28 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.1 | — | 1.7 | — | 1.6 |
| C 29 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.2 | — | 1.9 | — | 1.8 |
| C 30 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.4 | — | 2.0 | — | 1.8 |
| C 31 本発明例 | ショットまま(裸) | 1.5 | — | 1.4 | — | 1.4 |
| C 32 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.8 | — | 2.5 | — | 2.3 |
| C 33 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.9 | — | 2.7 | — | 2.3 |
| C 34 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.4 | — | 2.3 | — | 1.9 |
| C 35 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.7 | — | 2.2 | — | 2.2 |
| C 36 本発明例 | ショットまま(裸) | 2.5 | — | 2.1 | — | 1.8 |

【0042】

【発明の効果】上記説明からも明らかなように、本発明は、原油を搭載するタンカーのカーゴオイルタンクなど、造船用鋼材の典型的な腐食環境において優れた耐食性を示す鋼材を提供するものであり、また、無塗装使用

および塗装使用においても優れた耐候性を有することから、いずれの使用方法でも船舶の防食費用および維持管理費の低減を可能とする。したがって、本発明の産業上の価値は極めて高いものであるといえる。